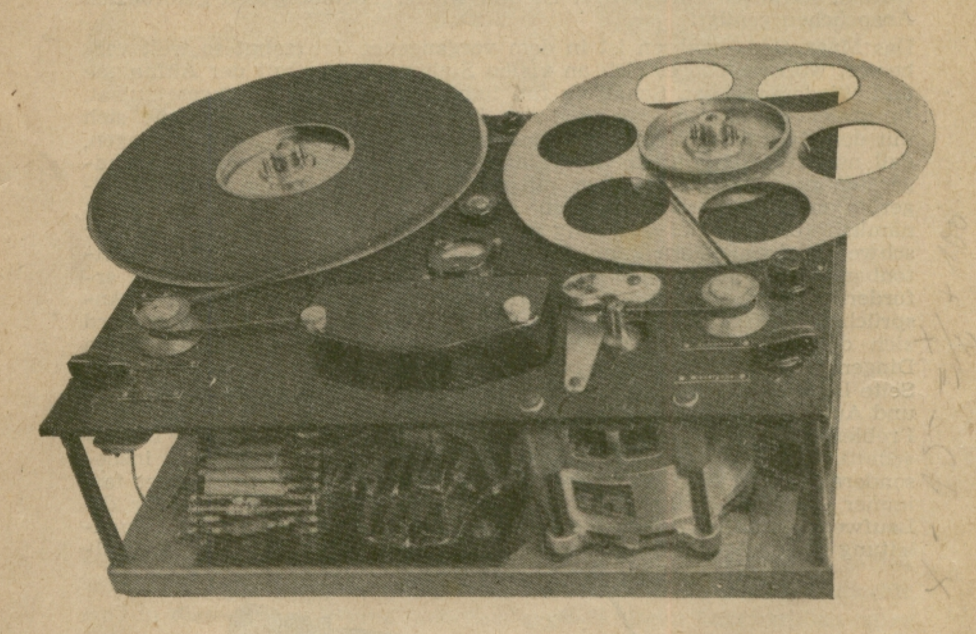
Beschreibung und Bauanleitung für Magnetbandspieler — Selbstbau



Inhaltsverzeichnis:

Einleitung

Die vorliegende Beschreibung und Bauanleitung eines Magnetbandspielers ist für alle technisch Interessierenden geschrieben und setzt eine gewisse Vorkenntnis, so wie sie ein Rundfunkbastler besitzen mag, voraus. Nachdem nun die Industrie der Herstellung von Heimmagnetongeräten in größerem Maßstabe zusteuert, soll auch dem Tonband-Amateur zum Selbstbau eines Gerätes Gelegenheit gegeben werden, welches in seinem Aufbau technisch einwandfrei ist und wiedergabemäßig den geforderten Ansprüchen genügt.

Das Magnettonverfahren ist in dem vergangenen Jahrzehnt so weit verbessert worden, daß es sich an vielen Stellen, welche mit der Aufnahme und Wiedergabe von Schall zu tun haben, weitgehend durchgesetzt hat. Im gleichen Zeitraum ist auch das Interesse von Amateuren, die sich mit dem Magnettonverfahren befassen, in einem solchen Maße gestiegen, daß nun zwischenzeitlich viele Einzelteile zum Selbstbau von Tonbandgeräten zur Verfügung stehen, mit deren Hilfe vollwertige Magnetbandgeräte zusammengebaut werden können. Ein Magnetband-Bastler ist nämlich vor sehr viel schwierig zu lösende Probleme gestellt, die er nur schwer allein meistern kann. Es ist zu bedenken, daß zu einer Magnettonbandanlage nicht allein Verstärker mit besonderen Eigenschaften erforderlich sind, sondern auch Laufwerke, die wirklich erheblichen Ansprüchen an Genauigkeit genügen müssen. In den meisten Fällen wird sich der Magnetband-Bastler früher mit ähnlichen elektroakustischen Dingen beschäftigt haben, wobei das Schwergewicht auf der elektrischen Seite lag. Bei Magnettonbandgeräten kommt es besonders auf guten Lauf und Aufbau des Laufwerkes an. Wie schon erwähnt, sind die technischen Probleme eines Tonbandlaufwerkes so vielgestaltig, daß ein Durchschnitts-Amateur kaum in der Lage sein kann, sich alle Teile — insbesondere die zum Laufwerk gehörigen — selbst herzustellen, zumal er fast immer „von der elektrischen“ Seite kommt. Als Antriebsmotor für die Laufwerke muß ein guter Motor verwendet werden. Die in der Bauanleitung angegebenen Geräte sowie Bauformen verwenden den Spezial-

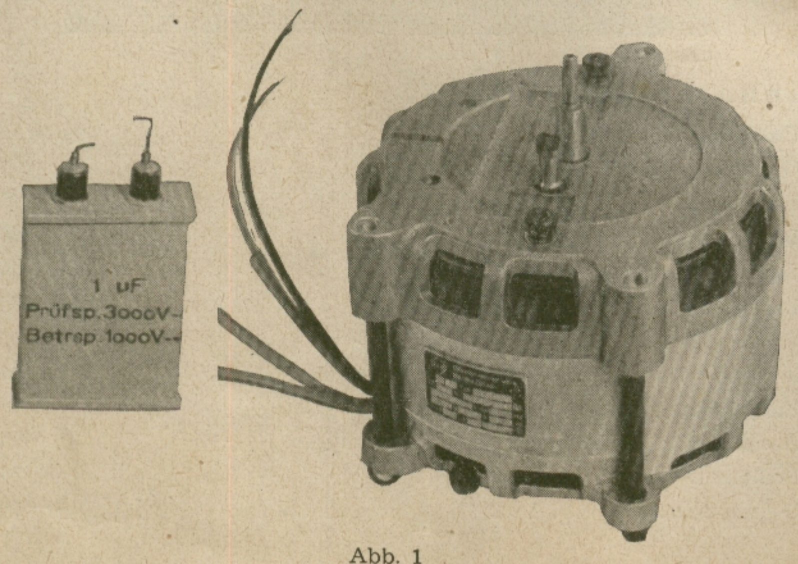


Abb. 1

Tonbandmotor der Firma VEM KLEINSTMOTORENWERK HARTHA, Type MSM 130 Abb 1. Ein mechanisch einwandfreier Lauf wird mit den im Handel befindlichen „Lipsia"-Teilen erzielt Abb. 2 3, die in handwerklicher Fertigung in mechanischen Werkstätten hergestellt werden.

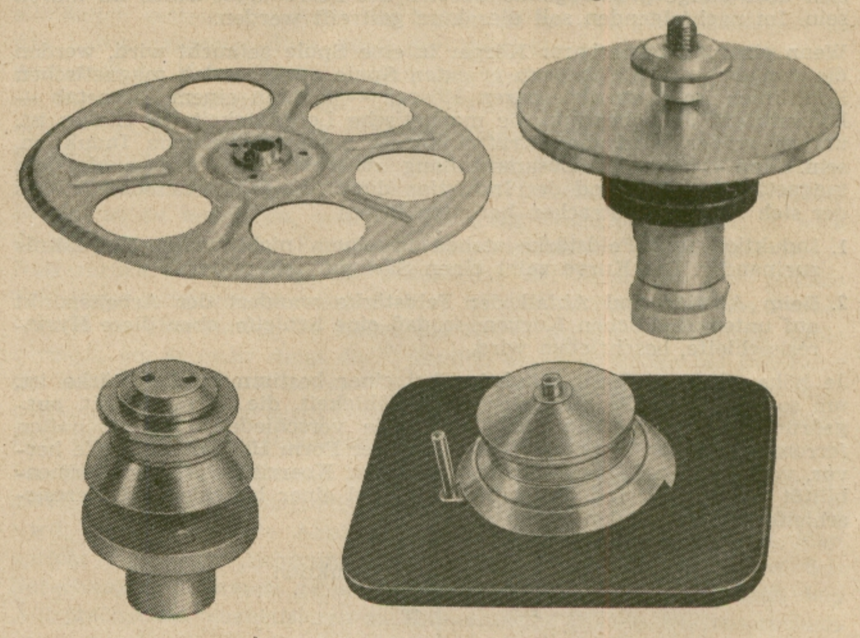
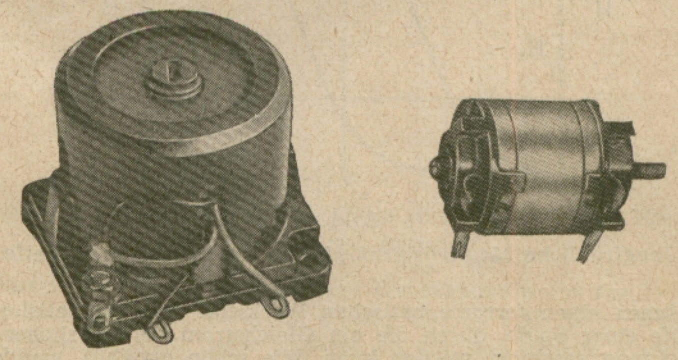


Abb. 2—3

Durch Variationen der Verstärkerschaltungen kann der Bastler seinen Wünschen entsprechende Anlagen zusammensetzen. Anregungen hierfür sind in dieser Bauanleitung mehrfach gegeben. Beim Laufwerkbau ist es schwieriger, es sei denn, er konstruiert sein Gerät von Grund auf selbst durch. Auch diesem Amateur wird in der vorliegenden Beschreibung Anregung gegeben.



HF. Löschtransformator u. HF. Drossel

Grundlagen des Ferromagnetismus

Um nun die elektro-magnetischen Vorgänge bei der Aufnahme und Wiedergabe sowie beim Löschen eines Tonbandes zu verstehen, muß man sich über einige grundlegende Gesetze des Ferromagnetismus im klaren sein. Im nachfolgenden soll dies kurz gestreift werden.

Wenn ein magnetisierbarer Körper in eine Spule getaucht wird, werden die von der mit Gleichstrom erregten Spule ausgehenden magnetischen Kraftlinien im magnetisierbaren Körper — z. B. in einem Eisenstab — konzentriert. Je höher nun die magnetische Leitfähigkeit des Stabes ist, um so größer wird die „Kraftflußdichte", die magnetische Induktion, sein. Man erhöht den Zusammenhang zwischen dem Erreger als dem magnetischem Feld und der Induktion durch die Hysteresisschleife, aus der sich folgende Tatsachen herleiten lassen.

1. Induktion und Feldstärke stehen in einem nichtlinearen Verhältnis zueinander. Die Kurve zeigt einen Sättigungscharakter.
2. Beim Anstieg und Abfall der Feldstärke wandert der Arbeitspunkt auf unterschiedlichen Kurven, so daß eine Schleife, eben diese Hysteresisschleife, beschrieben wird.

Je höher die erzielbare Induktion bei einer bestimmten Feldstärke ist, um so größer ist die magnetische Leitfähigkeit, die Permeabilität, ausgedrückt durch den Quotient B/H^2. Die verschiedenen Eigenschaften ferromagnetischer Werkstoffe gehen aus der Form Hysteresisschleife hervor, von denen z. B. die Begriffe Remanenz, Koerzitivkraft und Permeabilität interessant sind. Sie sollen an Hand einer beliebigen Hysteresisschleife erklärt werden (siehe Bild 4).

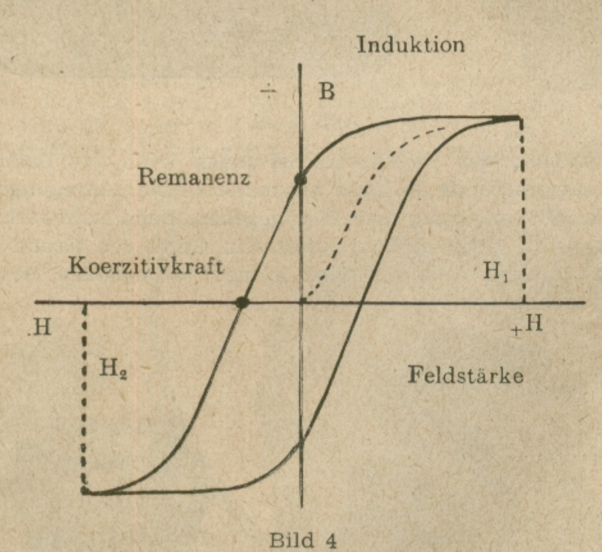


Bild 4

Jungfräuliche Magnetisierungskurve und Hysteresisschleife

Wir nehmen einen ferromagnetischen Werkstoff und magnetisieren ihn mit Hilfe einer Spule, durch die ein Gleichstrom veränderlicher Größe und Richtung geschickt werden kann. Wie schon erwähnt, wandert der Arbeitspunkt beim Anstieg und Abfall der Gleichstromerregung auf ver-

schiedenen Kurven, so daß die „Vorgeschichte“ eines zu untersuchenden Werkstoffes bekannt sein muß. Die einfachste der Vorgeschichte ist die, daß das Probestück völlig unmagnetisch ist, also keine remanente Induktion besitzt. Wird nun die Gleichstromerregung eingeschaltet und allmählich gesteigert, wächst die Induktion an und geht allmählich in das Sättigungsgebiet über. Weil der Eisenstab zunächst unmagnetisch war, muß die Kurve im Nullpunkt, dem Koordinatenursprung, beginnen, sie wird jungfräulich genannt. Bei Schwächung des Gleichstromes wandert der Punkt oberhalb der jungfräulichen Kurve zurück. Nach völliger Abschaltung der Erregung bleibt noch eine restliche remanente Induktion erhalten, die das Kennzeichen eines Dauermagneten ist. Um die Remanenz zu beseitigen, muß die Erregung umgepolt werden. H wird dann negativ und nach Erreichen eines bestimmten Wertes geht B auf Null zurück. Es muß also zur Beseitigung der Remanenz eine gewisse Feldstärke aufgewendet werden — es ist die Koerzitivkraft des Probestückes zu überwinden. Je steiler die Kurve an einer beliebigen Stelle verläuft, um so mehr steigt die Induktion des Werkstoffes bei Erhöhung der Feldstärke an, d. h. um so höher die Permeabilität, die bei ferromagnetischen Werkstoffen nicht konstant ist, sondern sich mit der Feldstärke bzw. der zugehörigen Induktion stark ändert.

Im Werkstoff Luft bestehen hingegen lineare Verhältnisse Es ist einzusehen, daß in einem magnetischen Kreis, in den ein Luftspalt eingefügt wird, die resultierende Abhängigkeit $B = f(H)$ linearisiert wird. Man spricht von einer „Scherung“. Von dieser Möglichkeit wird bei den Sprechköpfen Gebrauch gemacht, um das Tonbandverhältnis gleich dem Aufsprechstrom magnetisieren zu können (siehe Bild 5). Die besprochene

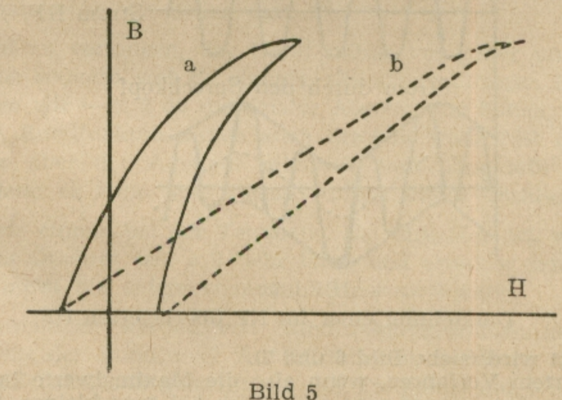


Bild 5

Die obere Hälfte der Hysteresisschleife eines magnetischen Kreises (a) ohne, (b) mit Luftspalt.

Hysteresisschleife wird erhalten, wenn die Maximalwerte des Feldes in positiver und negativer Richtung gleich, also $H_1 = H_2$ sind. Wenn mit jedem Umlauf (also mit jeder Periode, in der die Schleife einmal umfahren wird) die Maximalwerte des Feldes gesteigert werden, beschreibt

der Punkt in der Kurve eine der Anzahl der Perioden entsprechend größer werdende Hysteresisschleife, bis das Material bei jedem Umlauf

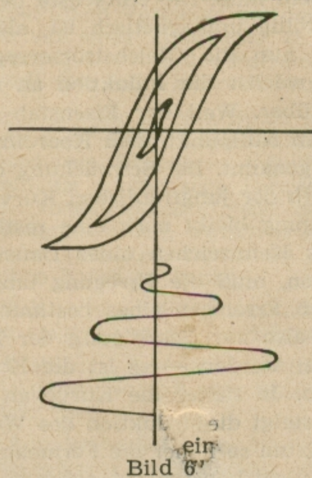


Bild 6

„Induktionsverlauf bei steigendem Wechselfeld“

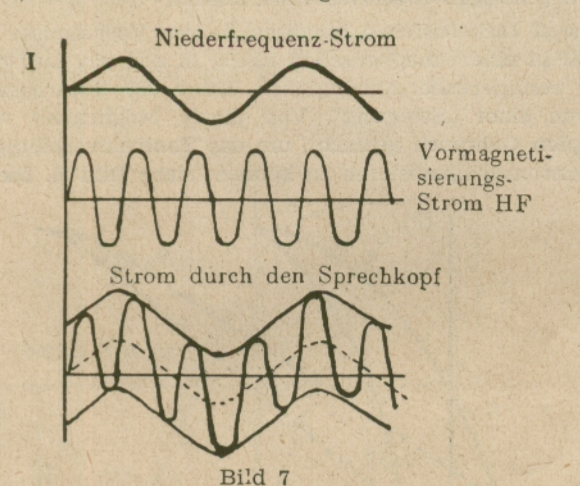
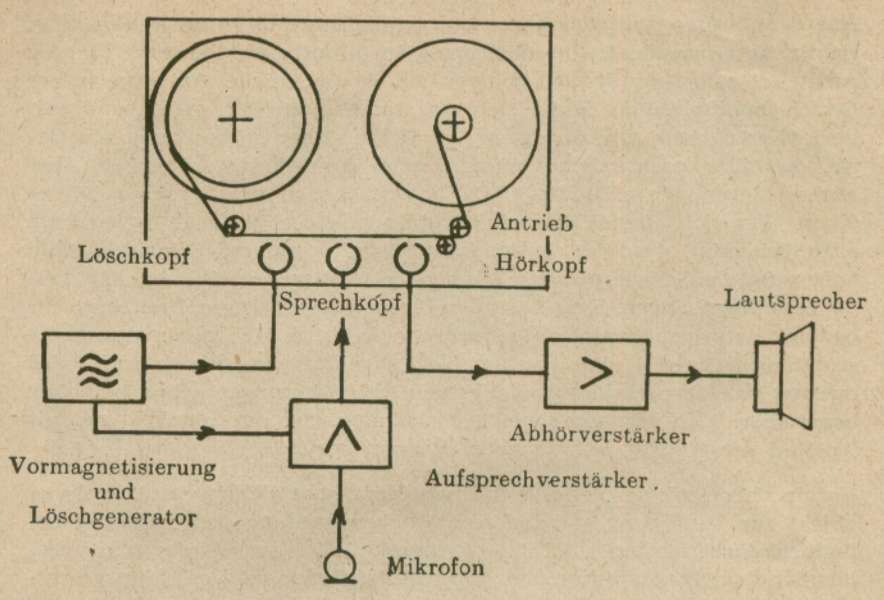


Bild 7

Darstellung einer im NF überlagerten HF.

stark gesättigt wird (siehe Bild 6 und 7).
Bei umgekehrtem Verfahren, wenn also die Maximalwerte langsam abgeschwächt werden, kommt man schließlich bei ganz kleinen Amplituden wieder in den Koordinatenursprung an. Es geht hieraus hervor, daß

1. ein magnetischer Körper durch ein Wechselfeld vollständig entmagnetisiert werden kann;
2. zur Löschung die Maximalwerte des entmagnetisierten Wechselfeldes größer sein müssen als das Feld, das vorher zur Magnetisierung gedient hatte, und
3. die Wechselfeld-Amplitude zur Löschung nicht plötzlich abreißen darf, sondern allmählich abklingen muß.



Prinzipieller Aufbau eines Magnetton-Gerätes.

Frequenzgang

Bevor nun die Besprechungen verschiedener Bauausführungen erfolgen, wollen wir doch einmal festlegen, welche berechtigten Ansprüche man an eine Amateur-Anlage stellen darf.

Es ist leicht zu verlangen, das Gerät müsse von einer unteren Grenzfrequenz von soundso viel Hz einen praktisch gradlinigen Frequenzgang von — sagen wir — ± 2 db maximaler Abweichung haben, weil das von den großen Rundfunkmaschinen auch erreicht wird. Mit dieser Forderung würde aber der Amateur reichlich weit über sein Ziel hinausschießen, denn er kann eine solche Anlage kaum wirklich ausnutzen.

Beginnen wir einmal bei der Tonquelle. Ein Mikrofon ist, wenn es auch von höchster Qualität sein soll, sehr teuer und wenn es dann vorhanden ist, fehlen meist die entsprechenden Aufnahmeobjekte.

Andere Aufnahmen werden von Rundfunkprogrammen gemacht, und, wie weit geht der Rundfunk? Auf Mittelwelle, damit ist der allgemein bekannte AM-Rundfunk gemeint, ist das Frequenzband senderseitig beschnitten, und in allzuvielen Fällen muß mit einer weiteren Beschneidung infolge schlechter Empfangsverhältnisse auch noch auf der Empfangsseite gerechnet werden. Wenn man von Ausnahmen absieht, kann man wohl sagen, daß die höchste verwertbare Niederfrequenz aus Rundfunkübertragung bei 4—5 KHz liegt. Bei UKW-Rundfunkempfang sieht dies wesentlich günstiger aus, da hier die Sender größtenteils bis etwa 15 KHz moduliert werden können.

Aus dem bisher Gesagten kann man schließen, daß es nicht unbedingt richtig ist, einen idealen Frequenzgang zu fordern, wohlbemerkt für den Amateur. Selbstverständlich müssen für kommerzielle Anlagen andere Gesichtspunkte gelten. Wenn sich ein Amateur ein Magnettonbandgerät baut, dessen obere Grenzfrequenz bei 10 KHz liegt, so besitzt er ein Gerät, daß allen praktischen vorkommenden Anforderungen genügt. Aber auch Anlagen, die z. B. bis 8 KHz liegen, können ihn durchaus befriedigen. Wer sich einmal diese Erkenntnis zu eigen gemacht hat und sie auch beherzigt, wird im praktischen Betrieb geringere Schwierigkeiten haben. Solche Schwierigkeiten können beispielsweise mit dem Klirrfaktor zusammenhängen. Eine besonders hoch liegende obere Grenzfrequenz bedingt naturgemäß eine entsprechende kräftige Höhenentzerrung, die schaltungstechnisch ohne weiteres durchgeführt werden kann. Dabei machen sich aber verhältnismäßig geringe Verzerrungen schon erheblich bemerkbar. Man ist dann geneigt, den Klangregler auf „dunkel“ zu stellen und der ursprüngliche Zweck ist dann verfehlt.

Vorhin haben wir festgestellt, daß nur in seltenen Fällen ein Aufnahmeobjekt zur Verfügung steht, dessen Frequenzumfang den ganzen Empfindlichkeitsbereich des Ohres einnimmt. Mit dem Wiedergabeobjekt, nämlich dem Lautsprecher und seiner Aufstellung, sieht es nicht wesentlich anders aus. Es gibt zwar hochwertige Lautsprechersysteme und durch Zusammenbau können Kombinationen geschaffen werden, die weitgespannten Anforderungen gerecht werden; was aber vom Original nicht bis zur Endstufe des Lautsprecherverstärkers durchkommt, kann der Lautsprecher auch nicht wiedergeben.

Ein weiterer Punkt soll nicht unerwähnt bleiben: obere und untere Grenzfrequenz in der Anlage sollen sich die Waage halten, wenn nicht ein unnatürlicher Eindruck — zu spitze oder dumpfe Wiedergabe — entstehen soll.

Ein Skeptiker ist nach dem Studium dieser Ausführungen zu der Frage geneigt, welchen Sinn es überhaupt habe, mit großem Aufwand technische Entwicklungen zu betreiben, wenn an dieser Stelle empfohlen wird, sich zu beschränken. Nein — es soll weder Kritik am Rundfunk, an Lautsprecherfabrikaten oder an sonst einer Stelle geübt werden. Man muß nur berücksichtigen, daß ein größerer Aufwand sehr kostspielig und dazu noch überflüssig ist, wenn er nicht ausgewertet werden kann. Es braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß trotz der vorher gemachten Einschränkungen der Betrieb eines Magnettonbandgerätes wirtschaftlicher als der irgendeiner anderen Anlage ist.

Das gleiche gilt für die Qualität der Aufnahmen, die praktisch unbegrenzt lagerfähig sind und bei noch so häufigem Abspielen nicht abgenutzt werden.

An Hand dieser Beschreibung soll derjenige über die Arbeitsweise und Leistung der Geräte unterrichtet werden, damit er einen Überblick und Anregung erhält, welches Gerät für ihn geeignet ist und wie er seine

Anlage aufbauen solli Die nachfolgenden Abbildungen (Bild 8 und Bild 9) zeigen ein Koffergerät, welches von der Industrie gefertigt wird und für

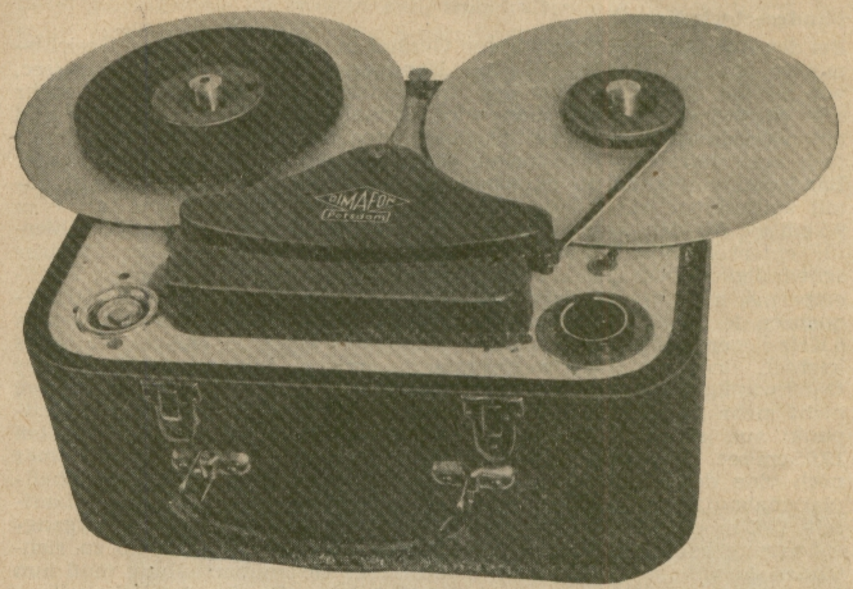


Bild 8

eine Bandgeschwindigkeit von 38,1 und 19,05 cm/sec. zu verwenden ist. Die Industrie hat damit ein Gerät geschaffen, was dem Vorhergesagten weitgehendst entspricht und für alle Verwendungszwecke, außer kommerziellen, geeignet ist.

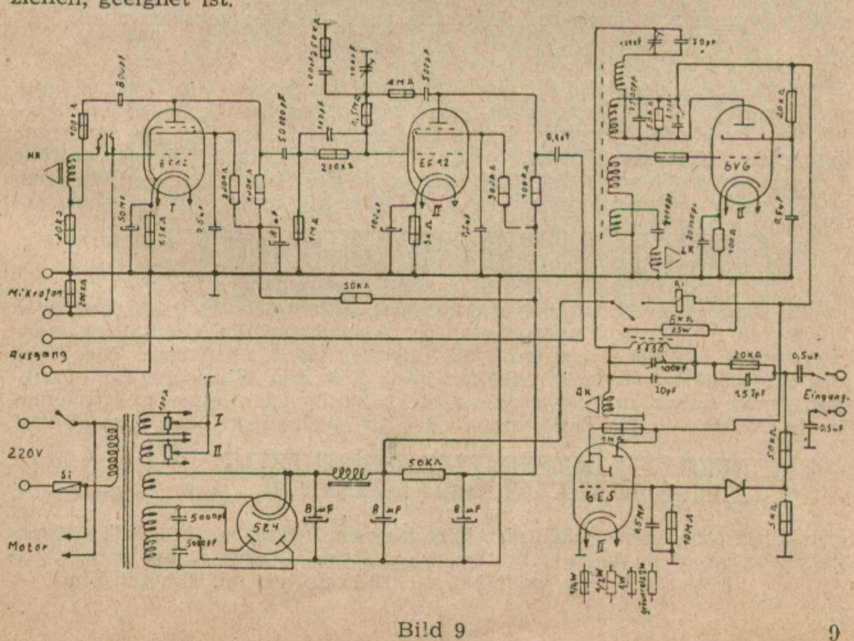


Bild 9

welches von der Industrie gefertigt wird und für eine Bandgeschwindigkeit von 38,1 und 19,05 cm/sec zu verwenden ist.

Bandgeschwindigkeit

Bei der Auswahl eines bestimmten Gerätes müssen verschiedene Gesichtspunkte beachtet werden. Da eine Bandgeschwindigkeit von 76,2 cm/sec, wie sie die Studiomaschine des Rundfunks verwenden, als nicht mehr sehr wirtschaftlich angesehen wird (zumal mit neueren Bändern und guten Geräten fast dasselbe mit 38,1 cm/sec erreicht wird, oder wie vielfach auch jetzt mit 19,05 cm/sec gearbeitet wird). Von noch geringerer Bandgeschwindigkeit zu sprechen, erscheint noch verfrüht, obwohl damit zu rechnen ist, daß die Bandgeschwindigkeit eines Tages mit v = 9,5 cm/sec für den Amateur von Bedeutung werden kann, sobald es hierfür entsprechende Tonbänder und Antriebsmotore gibt. Eine Bandgeschwindigkeit von 19,05 cm/sec hat den Vorteil einer erheblichen Bandersparnis, man nimmt dabei jedoch in Kauf, daß die oberen Grenzfrequenzen je nach Verstärkerschaltung und verwendetem Band bei etwa 6 KHz liegen. Mit einer Bandgeschwindigkeit von v = 38,1 cm/sec ist es leichter, eine gute Höhenwiedergabe zu erzielen, und es sind bei dieser Geschwindigkeit Bandsorten verwendbar, deren Qualität bei 19,05 cm/sec nicht mehr ganz befriedigt. Der Bandverbrauch vom geldlichen Standpunkt aus ist bei 38,1 cm/sec durchaus nicht doppelt so groß wie bei 19,05 cm/sec. Wer sich mit 19,05 cm/sec zufrieden gibt, erreicht immer noch eine der Schallplatte überlegene Qualität, abgesehen der Schallplattenabnutzung, und hat den Vorteil einer wesentlich längeren Laufzeit. (500 m ergeben 44 Minuten.) Demgegenüber ist die Frequenzgangentzerrung bei v = 38,1 cm/sec einfacher und die an das Band zu richtenden Ansprüche geringer. An Hand dieser Gegenüberstellung muß nun jeder Amateur selbst entscheiden, zu welcher Bandgeschwindigkeit er greifen will, wenn er nicht ein Gerät bauen möchte, daß für beide Geschwindigkeiten verwendbar ist. Dies kann geschehen unter Verwendung des gleichen Antriebsmotors, welchen wir schon eingangs näher bezeichneten. Die Tonrolle (Antriebsachse des Motors) kann auswechselbar erfolgen, wie es z. B. auch bei einigen Industriegeräten gemacht wird.

Einfach- oder Doppelspur

Diese Frage ist ebenfalls für den Bau eines Tonbandgerätes entscheidend, da bekanntlich ein Band auch mit zwei nebeneinanderliegenden Tonspuren „beschriftet" werden kann. Hierbei würde das Band je Spur nur knapp zur Hälfte ausgenutzt. Die Laufzeit wird verdoppelt, jedoch entfällt hierbei die Möglichkeit des „Cutterns", d. h. des Schneidens und Klebens, weil eine Spur dabei unbrauchbar wird Abb. 10. Es ist schwer, die Laufzeit einzelner Stücke so abzustimmen, daß auf beiden Spulen Pause über Pause kommt. Immerhin kann man bei Aufnahmen, die geschnitten werden sollen, auf die Ausnutzung der zweiten Spur verzichten. Die Wahl der einen oder anderen Möglichkeit hängt von den Wünschen des einzelnen Amateurs ab, und zwar davon, ob er häufig oder selten zu schneiden beabsichtigt (Abb. 11). Die Dynamik der Aufnahme liegt beim Doppelspurverfahren um einen verhältnismäßig kleinen Betrag zurück (6 db). Wenn beispielsweise zur Wahl steht, bei v = 38,1 cm/sec mit Doppelspur
oder bei v = 19,05 cm/sec mit Einfachspur

Abb. 10
a) Vollspur

Abb. 11
b) Doppelspur

zu arbeiten, wobei der Bandverbrauch derselbe ist, so wird man der ersten Möglichkeit den Vorzug geben. Dynamik und Frequenzgang sind dabei günstiger als im zweiten Fall, wobei allerdings das „Cuttern" den schon erwähnten Einschränkungen unterliegt.

Nach den allgemeinen Erfahrungen ist man dazu übergegangen, Bandgeschwindigkeiten 38,1 cm/sec und 77,2 cm/sec in Normalspur und 19 cm/sec wahlweise in Doppelspur bzw. Normalspur auszulegen.

Laufwerk

Außer von der Berücksichtigung der Bandgeschwindigkeit hängt die Ausführung des Laufwerkes in erster Linie davon ab, ob neben dem normalen Vorlauf (zur Aufnahme und Wiedergabe) eine Möglichkeit zum schnellen Vor- und Rücklauf bestehen soll. Hiervon wird der mechanische Aufwand maßgeblich bestimmt. Bei einem 19,05 cm/sec Gerät mit Doppelspur ist ein Rücklauf u. U. entbehrlich, wenn die erste und zweite Spur grundsätzlich der Reihe nach aufgenommen und abgespielt werden soll.

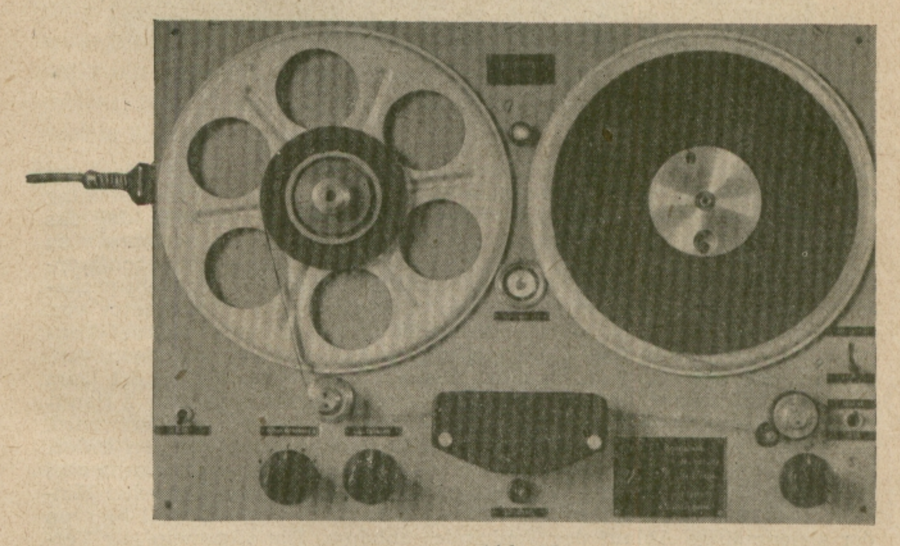


Abb. 12

Ein Rücklauf und womöglich ein schneller Vorlauf sind aber meist sehr vorteilhaft. Der mechanische Aufwand bleibt gering, wenn nur der einfache Vorlauf vorgesehen wird.

Beim Einspurgerät kann man auf die Möglichkeit des Bandrücklaufes schlecht verzichten, wenn auch das Band zum Umspulen umgekehrt auf-

gelegt werden kann. Dies ist jedoch unbequem und zeitraubend, so daß bei keiner Einspurmaschine auf den Rücklauf verzichtet werden kann.

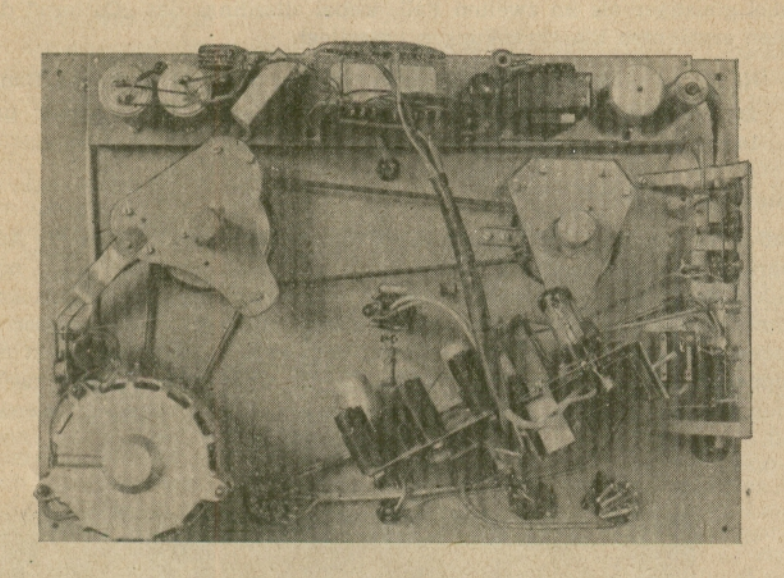


Abb. 13

Der schnelle Vorlauf ist nicht unbedingt erforderlich, erleichtert jedoch das schnelle Auffinden einer bestimmten Stelle des Tonbandes. Voraussetzung für eine sinnvolle Ausnutzung dieser Betriebsstellung ist jedoch, daß das Band, um gut abgehört zu werden, nicht von den Köpfen genommen zu werden braucht. Zum Rücklauf muß der Abwickelteller angetrieben werden. Dies kann durch eine entsprechende Umschaltung des Antriebsmechanismus erfolgen oder man sieht einen besonderen Rückwickelmotor vor. Als Tonbandmotor wird der in der Abbildung 1 gezeigte Spezial-Tonbandmotor MSM 130 des Kleinstmotorenwerkes Hartha, allgemein verwendet, wie bereits schon eingangs mehrmals erwähnt. Hierbei ist beim Bau des Gerätes auf die Tonachse zu achten, da dieser Motor für 2 Bandgeschwindigkeiten $v = 19{,}05$ cm/sec und $v = 38{,}1$ cm/sec geliefert wird. Bei Maschinen, die für zwei Geschwindigkeiten ausgelegt werden sollen, ist ein Motor mit der Tonachse für $v = 19{,}05$ cm/sec zu verwenden, wobei die aufsteckbare Tonachse Verwendung findet. Auch in mechanischer Hinsicht muß die Tonachse sehr sorgfältig behandelt werden, weil hiervon der gleichmäßige Ablauf des Tonbandes abhängt. Die allgemein zur Verfügung stehenden Grammo-Motore eignen sich fast nicht für die Verwendung als Tonmotore, da der ungleiche Lauf und die geringe Belastungsmöglichkeit einen einwandfreien Bandlauf nicht gewährleisten.

Die in der nachfolgenden Abbildung gezeigten Lipsia-Bauteile können in vielfältiger Form verwendet werden, wie auch aus dem Skizzenblatt 2 und 3 zu ersehen ist. Der Aufbau der Geräte kann nach dem in der Skizze gezeigten Vorschlag durchgeführt werden. Das Tonband wird bei diesem Aufbau durch eine gummibelegte Andruckrolle an die Tonrolle gedrückt und dabei ist zu beachten, daß das Band zuerst auf die Tonrolle aufund an der Andruckrolle abläuft. Die Tonrollen werden in zwei Ausfüh-

rungsformen geliefert (siehe Abbildung Nr. 14). Die eine Ausführung ist

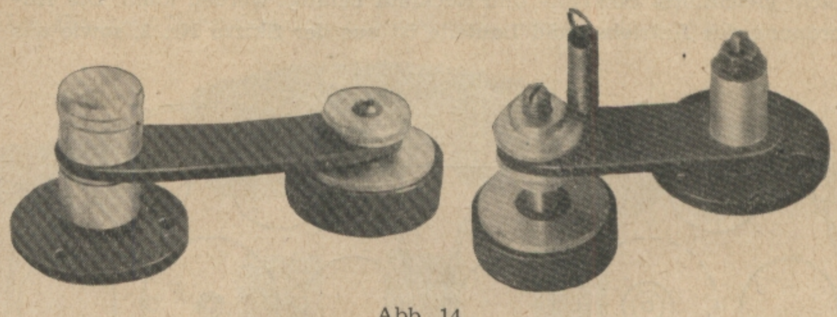
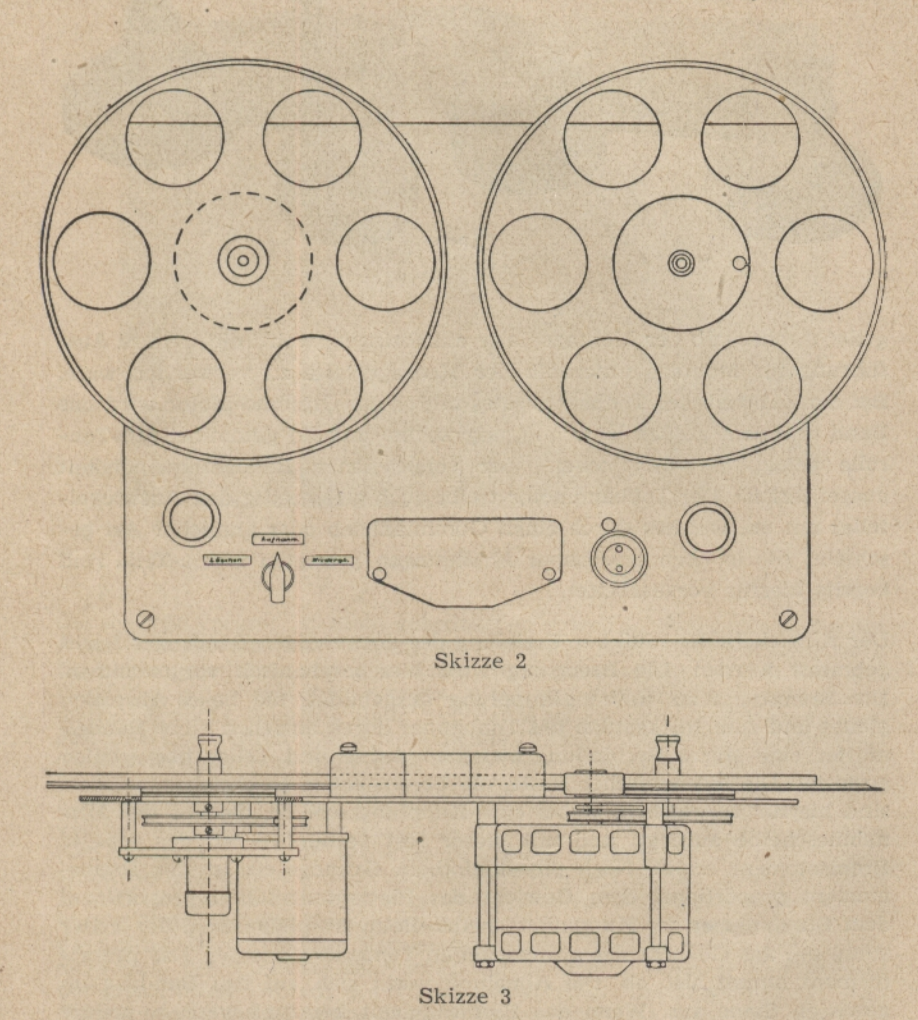


Abb. 14

gedacht, oberhalb der Montageplatte anzubringen, wobei die weitere Ausführung für Montage unterhalb der Montageplatte zu verwenden wäre. Bei dem Antrieb des Tonbandgerätes mit einem Grammo-Motor wird das Band in einem großen Umschlingungswinkel um die gummibelegte Tonrolle gelegt, die entsprechend der vorgesehenen Bandgeschwindigkeit ausgeführt ist. Der Tonbandmotor treibt auch gleichzeitig den Aufwickelteller mit an, welches durch einen Gummiantrieb oder ähnlicher Art geschieht. Die in oben erwähnten Abbildungen gezeigten Lipsia-Teile sind bereits hierfür vorgearbeitet.

Der Abwickelteller muß zur Erzielung des notwendigen Bandzuges leicht gebremst werden. Die Bremsung wird hier mechanisch vorgenommen. Die Bremse ist als Reibungskupplung ausgebildet, die beim Abspielen gleitet und zum Rückspulen des Tonbandes durch anziehen einer Rändelmutter eine starre Verbindung zwischen Achse und Teller herzustellen gestattet. Die mechanischen Teile, die bereits schon beschrieben wurden, sind hierfür vorgesehen, wobei eine Kupplungsscheibe, die auf der Mitnahmescheibe aufliegt und mit dieser fest verbunden ist, das erzielte Bremsmoment ergibt. Nach physikalischem Grundgesetz ist der Bremsmoment proportional dem Gewicht des Plattentellers und proportional dem Durchmesser der Kupplungsscheibe. Beim Abspielen wird der Teller stetig um das Gewicht des abgewickelten Tonbandes leichter. Das Bremsmoment nimmt also ab. Die Abnahme wirkt sich auf den Bandzug im gewissen Sinne aus. Wenn das Bremsmoment konstant wäre, so würde der Bandzug infolge der Hebelwirkung vom Beginn der Wicklung bis zum Ende stetig zunehmen. Da das Bremsmoment aber abnimmt, kann der Bandzug bei richtiger Bemessung des Tellergewichtes angenähert konstant gehalten werden. Die Kupplungsscheibe wird zweckmäßig aus Filz, Hartlederpappe, Zelluloid oder ähnlichem Material gefertigt. Kurze Versuche ergeben die beste Arbeitsweise des jeweiligen Gerätes. Der Bandrücklauf erfolgt zweckmäßigerweise, wie bereits schon beschrieben, mit einem zweiten Motor, der separat den Abwickelteller antreibt. Selbstver-

ständlich muß schaltungstechnisch diese Stellung festgehalten sein, damit nicht gleichzeitig Bandvor- und Rücklauf betätigt werden kann. Die Anordnung der Antriebs- und Bauteile ist aus der Skizze Nr. 2, sowie aus



Skizze 2

Skizze 3

der Seitenansicht Skizze Nr. 3 zu ersehen.

Wiedergabeköpfe

Wie die Abbildung 15 zeigt, können für das selbstzubauende Gerät Ringkernköpfe verwendet werden, die in Normal- und auch Halbspur geliefert werden können. Auch besteht die Möglichkeit, Kombinationsköpfe zu verwenden, wobei der eine Kopf gleichzeitig für Aufnahme und Wiedergabe Verwendung findet, oder als weiteres die in der Abbildung ge-

zeigten Spitzkeilköpfe, für welche auch die dazugehörigen Justierbleche (lt. Abbildung Nr. 15) mit geliefert werden.
Die Ringkern-Normalspurköpfe haben nachstehende Daten:

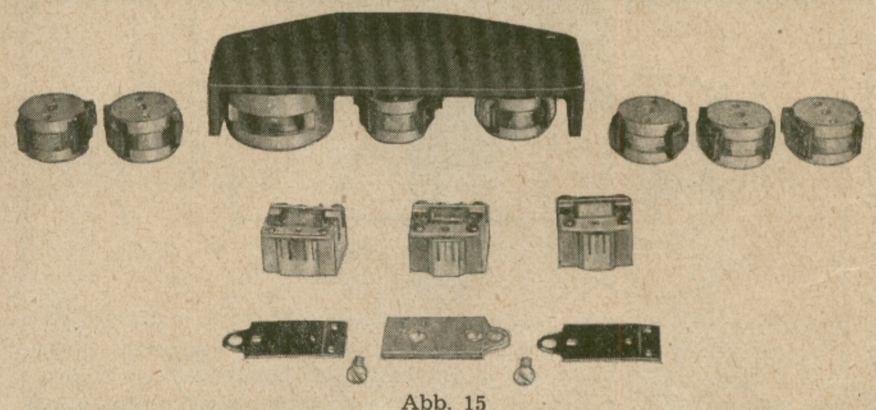


Abb. 15
Ringkernköpfe und Spitzkeilköpfe

Löschkopf: L = 2,3 mHy
Spaltbreite 0,2 mm
Löschstrom etwa 150 mA bei 60—75 KHz

Sprechkopf: L = 100 mHy
Spaltbreite 0.02 mm
HF-Strom etwa 3—5 mA bei 60—75 KHz

Hörkopf: L = 2,6 Hy
Spaltbreite 0,010 mm
Frequenzbereich bei v = 38,1 cm/sec
etwa 30 — 11 000 KHz ± 2 db

Löschkopf: Halbspur L = 1,3 mHy
Spaltbreite 0,2 mm

Sprechkopf: Halbspur L = 85 mHy
Spaltbreite 0,02 mm

Hörkopf: Halbspur L = 1,8 Hy
Spaltbreite 0,010 mm

Kombinationsköpfe Halbspur

Löschkopf: L = 1,3 mHy
Spaltbreite 0,2 mm

Sprech- und Hörkopf: L = 1 Spule 100 mHy
beide Spulen = 570 mHy
Spaltbreite 0.010 mm

Beim Aufbau des Gerätes ist, wie aus der Abb. Nr. 16 zu ersehen, die Aus-

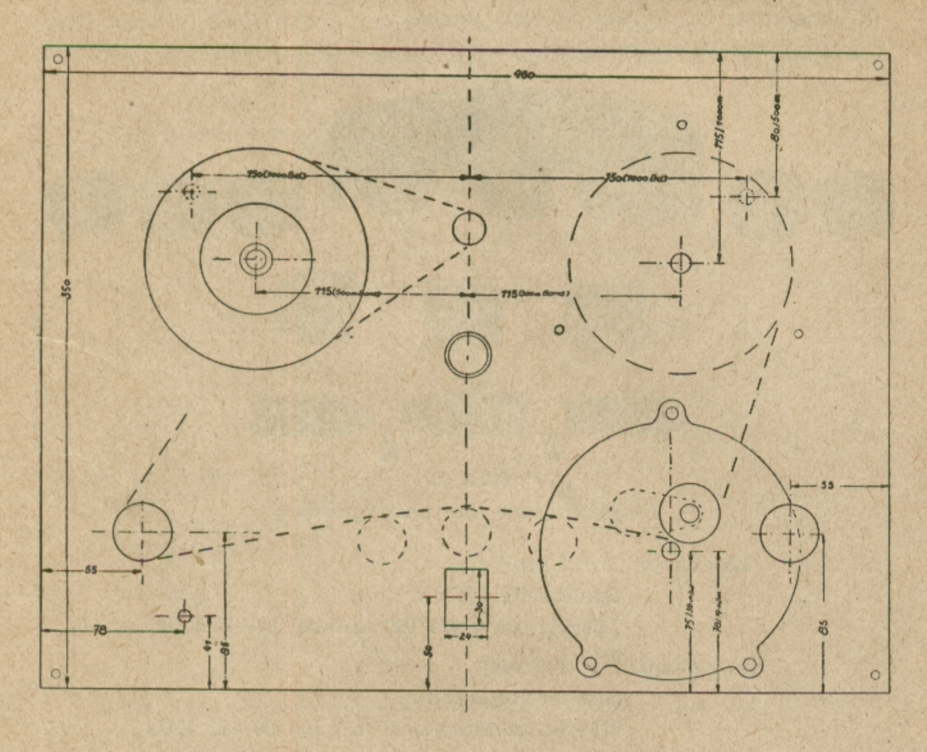


Abb. 16

führung in verschiedener Form möglich. Die Bauanleitung bzw. Bauskizze zeigt eine Geräteausführung, die sich mehrfach für den Selbstbau bewährt hat, unter Verwendung des eingangs näher beschriebenen Spezialtonbandmotores.

Die Montagegrundplatte ist zweckmäßig aus starkem Material, 8—10 mm Hartpapier oder Alu-Platte in einer Stärke von 4—5 mm vorzunehmen. Bei Verwendung von Eisenplatten ist eine Stärke von mindestens 2 mm erforderlich, wo in allen Fällen darauf zu achten ist, daß der Bandablauf vom Abwickelteller über die Tonrolle zum Aufwickelteller in der gleichen Höhe erfolgt, wie die Köpfe liegen. Die Anbringung der Köpfe selbst soll nach der angeführten Montageskizze Nr. 14 vorgenommen werden.

Bei Verwendung der „Lipsia“-Teile ist die Ausführung der Tellerlager Abb. 17 in zwei Ausführungen, so daß die Lager für den Aufbau und An-

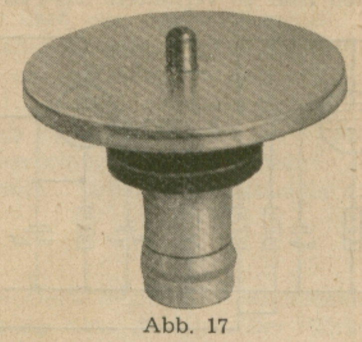


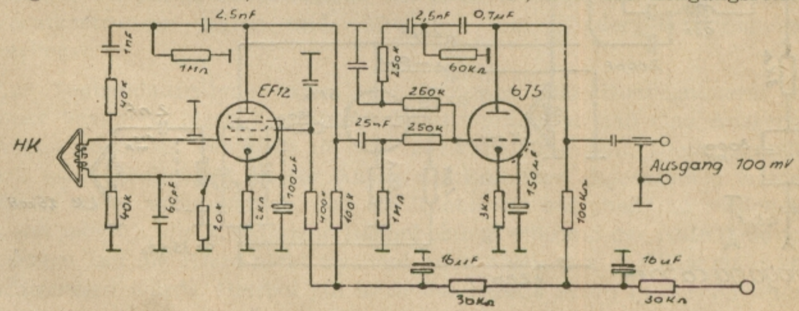
Abb. 17

trieb oberhalb der Montageplatte vorgenommen werden bzw. mit verlängerter Achse auf einer zusätzlichen Montageplatte, die mit Distanzrollen eine obere Platte trägt. Die Anbringung des Verstärkers bleibt jeweilig dem Geräteaufbau und den jeweiligen Anforderungen des Amateurs überlassen, nur ist darauf Wert zu legen, daß die Leitungen vom Wiedergabe- bzw. Sprechkopf nicht allzu lang werden und zu große Kapazitäten bekommen. Das Netzteil ist möglichst weit von den Köpfen anzuordnen und durch Drehen des Netztransformators das Brumm-Minimum festzulegen. (Siehe nachfolgende Ausführungen über Entbrummung.)

Die Anordnung des Betriebsartenschalters für Aufnahme und Wiedergabe muß nach der jeweiligen Anordnung bzw. Aufbau angebracht werden. Das gleiche betrifft die weiteren Bedienungsteile.

Verstärkeraufbau.

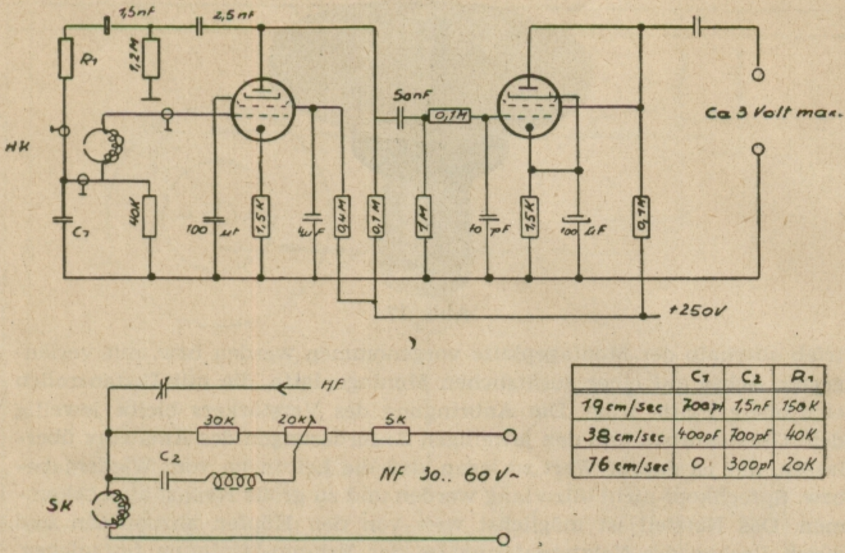
Der Aufbau des Verstärkers erfolgt auf einem U-förmig abgewinkelten Aluminiumchassis, auf dessen oberer Schmalseite evtl. der Umschalter und 4 Stützpunktleisten angebracht werden. Wie der Verstärker angebaut werden soll, richtet sich nach dem jeweiligen Aufbau des Gerätes. Die Schaltung kann nach den beigefügten Ausführungsformen Abb. 18 und 19 vorgenommen werden, wobei zu beachten ist, daß die Eingangsröhren



Wiedergabeverstärker für hochohmige Spitzkeilköpfe (Hörkopf) 3 Hy. (15μ)

Abb. 18

möglichst federnd aufgehangen werden, so daß entsprechende Klirr- und sonstige Schwingerscheinungen der Röhren gemindert werden. Genau so wird mit dem Löschteil Abb. 20 verfahren, das evtl. auf dieses Aufbau-



	C1	C2	R1
19 cm/sec	700pF	1,5nF	150K
38 cm/sec	400pF	700pF	40K
76 cm/sec	0	300pF	20K

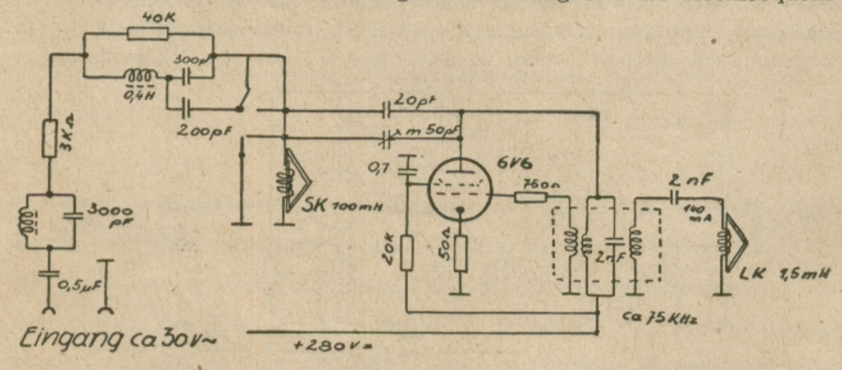
Verstärker u. Eingangsschaltung Weda Köpfe

Abb. 19

chassis mit aufmontiert wird, oder eine separate Patte mit dem Löschkreis und der erzeugenden Röhre aufgebaut wird.

Kontrolle des fertigen Verstärkers.

Es ist zweckmäßig, die Hochfrequenzströme für Lösch- und Sprechkopf zu kontrollieren. Beim Löschkopf erfolgt die Kontrolle am zweckmäßigsten durch Serienschaltung mit einem Glühlämpchen (Skalenlämpchen) von 0.1—0.2 Amp. mit möglichst geringem Spannungsbedarf. Das Lämpchen soll dabei hell aufleuchten. Bei richtiger Einstellung soll die Hochfrequenz-



Löschgeneratorteil mit Aufsprechverstärker u. Höhenanhebung

Abb. 20

spannung am Löschkopf etwa 50 V betragen (Messung z. B. mit Röhrenvoltmeter). Wenn es an geeigneten Meßinstrumenten fehlt, kann die Vormagnetisierung grob nach dem Gehör eingestellt werden, anderenfalls, soweit Meßgeräte vorhanden sind, wird in die Leitung des Sprechkopfes ein 100 Ohm Widerstand geschaltet, an dem mit einem Röhrenvoltmeter der Spannungsabfall gemessen wird, so daß etwa 3 — 5 m Amp. am Sprechkopf vorhanden sind. Da während des Aufsprechens nicht gleichzeitig abgehört werden kann, ist dieses Verfahren jedoch unbequem und erfordert einige Geduld. Größenordnungsmäßig soll die HF-Spannung etwa 9 V betragen.

Entbrummung

Das reichlich dimensionierte Netzteil läßt Brummstörungen über die Anodenspannungsversorgung nicht erwarten. Der Heizkreis des Wiedergabeverstärkers muß mit Hilfe des Entbrummer-Potentiometer R 2 (Abb. 21) sorgfältig symmetriert werden. Ein restliches Brummen kommt meist noch von Fremdeinstreuungen auf den Hörkopf, etwa durch Netztransformator oder durch den Antriebsmotor. Man kann sich von dem Vorliegen solcher Fremdeinstreuungen davon gewissern, indem man den Hörkopf kurz schließt, dann muß das Brummen verschwinden. Dieses erwähnte Restbrummen kann z. T. durch Einfügen einer Kompensationsspule weitgehendst vermindert werden. Diese Spule wird mit dem Hörkopf hintereinander geschaltet, sie soll so montiert werden, daß man sie leicht in allen Richtungen wenden kann, unter Verwendung weniger Windungen ca. 8÷15 W. 0,50 CuL 15 mm ⌀ starken Kupferdrahtes. Die Kompensationsspule wird so ausgerichtet, daß sich beim Lauf des Motors das geringste Grundgeräusch einstellt. Es ist zweckmäßig die Kompensationsspule in die chassisseitige Hörkopfleitung zu schalten, da dann keinerlei Schwierigkeiten in der Abschirmung bestehen. Gegen elektrostatische Störfelder ist die so angeschaltete Spule unempfindlich.

Aufnahme und Wiedergabe.

Die Ausführungen hierzu sind allgemein gehalten, da doch mehr oder weniger bei jedem Tonbandgerät, wie es auch aufgebaut ist, die gleichen Voraussetzungen gelten und Aufnahme- und Wiedergabebedingungen vorliegen.

Zur Tonbandaufnahme kann jedes leistungsfähige Rundfunkgerät mit einer leistungsfähigen Endröhre benutzt werden, so daß eine Ausgangswechselspannung von etwa 15—40 V zur Verfügung steht. Diese Spannung soll nach Möglichkeit an der Anode der Endröhre abgenommen werden. Es ist dabei zu empfehlen, daß die Tonblende auf „hell" zu stellen ist, wenn möglich, die vorhandene Baßanhebung während der Aufnahme totzulegen, um die Bässe nicht zweimal anzuheben, was das Klangbild verschlechtern würde. Hierbei gilt auch das bereits schon in der Einleitung Erwähnte, soweit es sich um AM-Empfang handelt nur ein relativer Tonfrequenzbereich übertragen werden kann, da senderseitig keine größere Abstrahlung möglich ist.

An den Lautsprecherbuchsen wird eine Leitung an der Anodenseite der Endröhre und die andere zum Tonbandgerät führende Leitung mit der Chassiserde des betreffenden Rundfunkgerätes verbunden. Das Tonband verläßt bei der Aufnahme den Löschkopf in jungfräulichem Zustand. Auch der Sprechkopf wird in Aufnahmepausen durch den HF-Vormagnetisierungsstrom jungfräulich verlassen. Bei der Aufnahme wird durch den NF-Strom der HF-Strom überlagert.

Dieser Vorgang hat nichts mit der HF-Modulation bzw. eines Rundfunksenders zu tun. Bei diesem Verfahren werden die beiden Schwingungen HF + NF einfach addiert.

Bei der Wiedergabe wird das Tonbandgerät über die abgeschirmte Ausgangsleitung mit den Tonabnehmerbuchsen des Rundfunkgerätes oder des Wiedergabeverstärkers verbunden. (Auch hier auf richtige Polung achten, siehe Schaltbild).

Da bei den hohen Frequenzen die Molukular-Magneten im Band sehr dicht beieinanderliegen und somit die Neigung haben, sich gegenseitig zu entmagnetisieren, erfolgt bei der Wiedergabe eine Schwächung der Höhen. Es ist somit erforderlich, die Entzerrerstufe so aufzubauen, daß eine nochmalige Anhebung der Höhen erfolgt. In unseren angegebenen Schaltbildern ist dies bereits erfolgt. Es wäre noch zu empfehlen, daß der für die Wiedergabe benutzte Verstärker bzw. das Rundfunkgerät einen möglichst gradlinig und weitreichenden Frequenzgang mit kleinem Klirrfaktor besitzt. Die Ausgansspannung mit Entzerrer beträgt, gemessen am 100-KOhm-Widerstand, etwa 0,8 V, was ungefähr der Spannung eines normalen Tonabnehmers entspricht. Hierbei ist noch zu erwähnen, daß das Auftreten kleiner Brummspannungen, trotz der bereits schon erwähnten Maßnahmen zur Brummkompensation durch Röhrenwechsel der Eingangsröhre im Eingang des Entzerrerverstärkers gegen eine andere Röhre gleicher Ausführung gewechselt wird. Die im Schaltbild angegebene Eingangsröhre EF 12 muß in einem solchen Fall mit einer Röhre EF 12 Spezial oder EF 12 K gewechselt werden.

Der Löschgenerator, der ja auch zur Aufnahme und Wiedergabe mit gehört, besteht aus einem HF-Transformator mit der Spulenbezeichnung L 1/L 2/L 3 der Gitterkombination, sowie der Schwingröhre EL 11 bzw. 6 V 6, wie im Schaltbild angegeben.

Der Löschgenerator erhält über die Siebkette 3 KOhm 0,1 μF eine Anodenspannung von 250 V und erzeugt eine HF-Spannung von einer Frequenz von etwa 45—75 KHz, bei einem Löschstrom von etwa 150 mA und einer Spannung von 80 V, was einer ungefähren Löschleistung von 12 Watt entspricht. Erfahrungsgemäß sind zur völligen Löschung eines Tonbandes 8—10 Watt erforderlich.

Praktische Winke und Ratschläge,

die bei der Fehlersuche helfen und beim Aufbau des Gerätes Beachtung finden sollen.

Jaulende Wiedergabe

Dieser Fehler hat rein mechanische Ursache und hat keine wiedergabemäßige, d. h. vom Aufsprech- oder Wiedergabeverstärker bedingte Fehler, ist nur auf Unvollkommenheit des Laufwerkes, der Tonrollen oder des Aufwickelmechanismus zurückzuführen. Durch sorgfältiges systematisches Vorgehen findet man den Fehler. So wird man beispielsweise den Tonmotor kontrollieren, evtl. Zuschalten eines weiteren Kondensators von 0,1 μF zu dem Anlaufkondensator von 1 μF. Überprüfung der Tonrollen evtl. Austausch. Alle beweglichen Teile beachten, ob gleichmäßiger Lauf vorhanden ist, mitunter rufen schon schlecht geschmierte Lagerstellen einen unerwünschten Wobbeleffekt hervor.

Rauschen während der Wiedergabe

Für ein Rauschen während der Wiedergabe sind gewöhnlich vormagnetisierte Tonbänder oder Tonköpfe verantwortlich. Es ist nötig, zu überprüfen, ob das Rauschen von derartigen Vormagnetisierungen herrührt. Dazu nimmt man das Tonband von den Köpfen ab, das Rauschen muß dann verschwinden. Anderenfalls sind ungeeignete Widerstände, Kondensatoren oder Röhren in der ersten Stufe des Wiedergabeverstärkers vorhanden. Zeigt sich die Erscheinung jedoch nur bei laufendem Band, so ist durch sorgfältiges Löschen der Tonspule mit Hilfe einer Löschdrossel und durch gründliches Entmagnisieren der Tonköpfe für Abhilfe zu sorgen. Auch hierfür eignen sich Löschdrosseln, die dem Kopf genährt und langsam entfernt werden. Durch falsche Behandlung können insbesondere Widergabeköpfe sehr schnell vormagnetisiert werden. So genügt z. B. schon bei der Montage mit magnetischem Werkzeug, daß dieser Effekt hervorgerufen wird. Bei der Entmagnetisierung Bandführungsrollen aus magnetischem Material, sowie Tonbandführungen gegebenenfalls ebenfalls mit entmagnetisieren.

Unvollkommene Löschung

Werden beim Abspielen eines Magnetbandes noch Reste der vorher aufgesprochenen Darbietung beobachtet, dann ist entweder der Löschstrom zu klein, oder der Spalt des Löschkopfes ist verschmutzt. Ein zu kleiner Löschstrom hat seine Ursache meistens in einer unbrauchbaren Röhre des Löschgeneratorteiles oder in einem Absinken der für den Löschteil bestimmten Spannung. Durch Nachlassen der Gleichstromwerte und des hochfrequenten Löschstromes kann dieser Fehler eingekreist werden. Eine Verschmutzung des Löschspaltes führt zu einem zu großen Abstand zwischen dem Löschkopf und dem Tonband. Das zur Löschung dienende Magnetfeld weist dann in der magnetischen Bandschicht eine zu geringe Felddichte auf, so daß eine totale Löschung nicht mehr erreicht werden kann. Reinigung des Spaltes mit einem kleinen weichen Woll-Läppchen oder mit nur sehr wenig Tetrachlorkohlenstoff-Lösung. Damit sehr vorsichtig umgehen, da sonst leicht die Wicklung und das Innere des Hörkopfes zerstört werden kann.

Allgemeine mechanische Fehler

Bandflattern und Bandrutschen sowie schiefes Auflaufen des Bandes auf die Spulenkerne kann durch unrichtige Einjustierung der Bandführungsrollen, Tonrollen und sonstige Führungsteile hervorgerufen werden. Der genaue Fehler läßt sich durch sorgfältiges Beobachten der mechanischen beweglichen Teile während des Betriebes feststellen. Ein Rutschen des Bandes auf der Tonrolle hat als Ursache gewöhnlich zu geringe Friktion zwischen Tonrolle und Band, oder ungleichmäßige Anlage der Tonrolle. Ein schiefes Auflaufen des Bandes rührt ebenfalls von einer ungenauen Einstellung der Bandführungsteile her. Auch gedehnte Bänder, die einer unzulässig starken Beanspruchung unterworfen worden sind, können für ein schiefes Auflaufen die Schuld tragen. Ungleichmäßige Tonhöhenänderungen sind teilweise durch die ungenau aufgebaute Wickelvorrichtung oder durch den Antriebsmotor mit zu geringer Leistung hervorgerufen. Die Friktionsscheibe des Aufwickeltellers ist hierbei zu untersuchen und nach den vorangegangenen Ausführungen evtl. auszuwechseln.

Allgemeine elektrische Fehler

Eine zu helle Wiedergabe schließt meist darauf hin, daß der Frequenzgang der Hörkopfspannung nicht ausreichend entzerrt ist. Die Hörkopfspannung wächst zunächst mit zunehmender Frequenz sehr stark an. Ist das bei einem Tonbandgerät der Fall, so muß vor allem der Wiedergabeverstärker daraufhin genau untersucht werden, ob er in dem entsprechenden Frequenzgebiet die tiefe Tonlage entsprechend anhebt. Hierbei sind die Überbrückungskondensatoren in den Kathoden oder Schirmgitterkreisen zu überprüfen. Der weitaus häufigste Fehler ist jedoch eine nichtausreichende Liniarisierung der Hörkopfspannung im ansteigenden Teil der Frequenzkurve.

Der Gegensatz hierzu ist die zu tiefe Wiedergabe für die Vernachlässigung der hohen Frequenzen, d. h. für eine zu tiefe Wiedergabe einer Magnettondarbietung gibt es elektrische und mechanische Ursachen. In elektrischer Hinsicht kann auch hier die Frequenzkurve des Aufsprech- oder Wiedergabeteils einen ungünstigen Verlauf haben. Bei der Aufnahme von Rundfunkdarbietungen wird häufig der Fehler gemacht, daß die Tonblende des Aufnahmeempfängers zu weit auf dunkel gedreht wird. Das Magnettonverfahren neigt schon von sich aus wenig zur Vernachlässigung der hohen Töne, und wenn man dieser Richtung durch Verwendung eines entsprechend eingestellten Rundfunkgerätes noch entgegenkommt, ergibt sich eine unbefriedigende Wiedergabe. Deshalb sollte man Tonbandaufnahmen nur mit einem Rundfunkempfänger aufnehmen, deren Tonblende auf hell gestellt ist. Ist die Wiedergabe auch dann noch zu dumpf, so wird man versuchen, den Frequenzgang des Aufsprech- und Wiedergabeteiles für hohe Frequenzen entsprechend anzuheben. Ein wichtiger

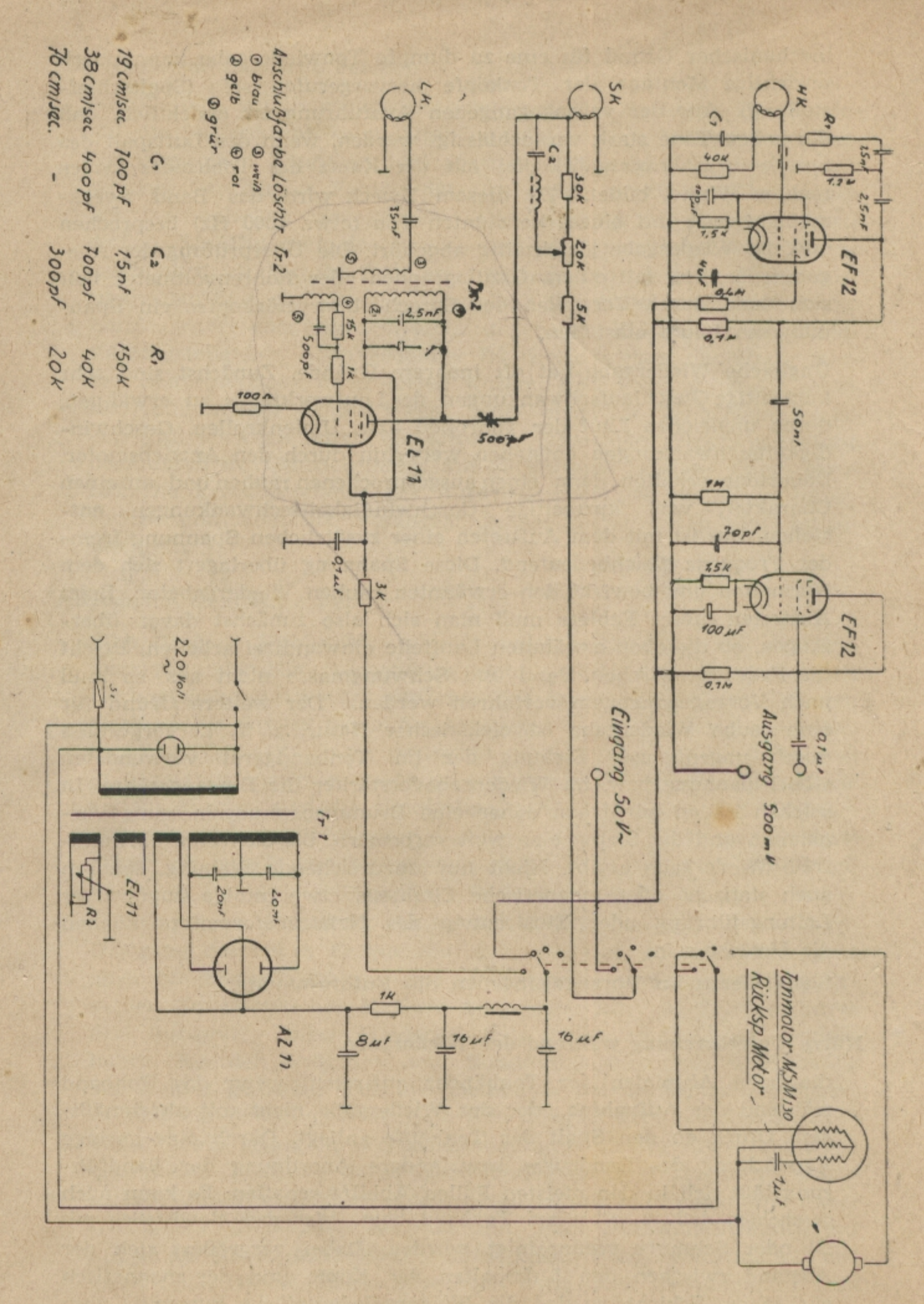
mechanischer Grund für eine zu dumpfe Tonwiedergabe kann durch unrichtige Montage der Tonköpfe hervorgerufen sein (Spaltschiefstellung). Aus der vorangegangenen Ausführung ist ersichtlich, daß die hohen Töne stark vernachlässigt werden, wenn der Luftspalt des Sprech- bzw. Wiedergabekopfes mit der Kante des Tonbandes keinen rechten Winkel bildet. Zu diesem Zweck wird das Band zweckmäßigerweise mit einem konstanten Ton (etwa 1000 Hz) besprochen und die Wiedergabe gleichzeitig abgehört. Die Überprüfung der Ausgangsspannung mit einem Oszillographen oder Röhrenvoltmeter läßt sich dann durch Verstellen des Sprech- bzw. Hörkopfes ein Spannungsmaximum einstellen.

Ungleiche Wiedergabe hat oft mehrere Gründe. Zunächst sind sehr kurzseitige Gleichlaufschwankungen des Laufwerkteiles zu erwähnen, durch ungleichen Lauf der Tonrollen bzw. Umlenkrollen. Geschwindigkeitsschwankungen entstehen weiterhin durch den Antriebsmotor. Dauertöne erhalten dann einen ausgesprochenen rauhen und unreinen Charakter, weil kurzseitige Geschwindigkeitsschwankungen entstehen. Das ist mit dem Auftreten einer zusätzlichen Spannung fremder Frequenz gleichbedeutend. Diese Spannung überlagert sich dem Normalton und bewirkt den erwähnten rauhen Wiedergabeton. Beim Auftreten dieses Fehlers muß man sich also zunächst davon überzeugen, ob die oben erwähnten Laufteile einwandfrei arbeiten. Reicht die Friktion zwischen Band und Schwungmasse nicht aus, so muß nach Vorangegangenem verfahren werden. Der weitere Grund für eine rauhe Wiedergabe ist elektrischer Natur, z. T. hervorgerufen durch ungenügende Siebung der im Tonbandgerät verwendeten Gleichspannung bzw. im Wiedergabeverstärker die Eingangsröhre. In solchen Fällen wird man daher eine Brummspannungsmessung vornehmen und die Siebung so weit verbessern, bis sich eine einwandfreie Wiedergabe ergibt. Nicht nur unzureichende Siebung, sondern auch statische oder magnetische Einflüsse, etwa infolge ungünstiger Leitungsführung oder Einstreuung des Netztransformators können die Ursache sein.

Siehe hierzu im Vorangegangenen die Entbrummung.

Kurze Unterbrechung während der Wiedergabe,

die beim Abspielen der Tonbänder auftreten, wenn das Tonband während der Aufnahme oder der Wiedergabe nicht mit gleichmäßigem Druck an den Spalt der Tonköpfe anliegt. Durch eine geringe Verstärkung des Bandzuges bzw. andere Anordnung der Bandführung läßt sich in den meisten Fällen Abhilfe schaffen. Es kann auch geschehen, daß es selbst am Tonband liegt, oder daß Bandstellen mit Öl oder Schmutz verunreinigt wurden. Dabei vergrößert sich der Abstand zwischen den Luftspalten der Köpfe und der magnetisch wirksamen Schicht, so daß die Wiedergabelautstärke kurzseitig zum Absinken kommt.



Gesamtschaltung Abb. 21

III/18/153 Lp 2C964-54